

Dourados, MS  
Agosto, 2014

## Adubação Fosfatada no Sistema Plantio Direto

Foto: Sílvia Zoche Borges



### Autores

**Carlos Hissao Kurihara**  
Engenheiro-agrônomo,  
doutor em Fertilidade do  
Solo e Nutrição de Plantas,  
pesquisador da Embrapa  
Agropecuária Oeste,  
Dourados, MS

**William Marra Silva**  
Engenheiro-químico,  
mestre em Agronomia,  
analista da Embrapa  
Agropecuária Oeste,  
Dourados, MS

**Bruno Patrício Tsujigushi**  
Engenheiro-agrônomo,  
estudante de mestrado da  
Universidade Estadual de  
Mato Grosso do Sul,  
Aquidauana, MS

**João Vitor de Souza Silva**  
Engenheiro-agrônomo,  
estudante de mestrado da  
Universidade Federal de  
Goiás, Jataí, GO

**Matheus Marques Dias**  
Estudante de  
licenciatura em Química,  
Universidade Estadual de  
Mato Grosso do Sul,  
Dourados, MS

### Introdução

A adubação fosfatada corretiva, visando à elevação da disponibilidade do nutriente no solo, normalmente na camada de 20 cm de profundidade, denominada camada arável, tem sido realizada por ocasião da incorporação de novas áreas ou de áreas degradadas ao processo produtivo.

Contudo, em áreas já cultivadas há alguns anos, especialmente naquelas adequadamente manejadas sob o Sistema Plantio Direto (SPD), tem-se optado pela elevação da disponibilidade de P por meio da adubação fosfatada corretiva gradual. Neste caso, em que não se almeja realizar a incorporação do adubo fosfatado, uma quantidade de P superior à requerida pela cultura, em termos de extração e exportação do nutriente, é aplicada no sulco de semeadura, visando ao acúmulo gradativo do nutriente no solo, de maneira a se atingir a disponibilidade desejada do mesmo, após alguns anos.

### Dinâmica de Fósforo no SPD

Em áreas cultivadas sob SPD tende a haver um acúmulo superficial de carbono orgânico e de nutrientes, por causa da sobreposição de linhas de semeadura e adubação das diversas culturas em rotação ao longo dos anos, associados à deposição de resíduos vegetais e à ausência de revolvimento (MULLINS, 1995; SÁ, 1995). Com o decorrer do tempo de adoção do SPD, há um aumento dos teores de nutrientes, principalmente fósforo, e, em menores proporções, também de cálcio, magnésio e potássio, na camada de 0 a 5 cm do solo (WIETHÖLTER et al., 1997).

A decomposição dos resíduos culturais mantidos na superfície e no perfil (parte aérea e raízes, respectivamente), pela biomassa microbiana, possibilita a redistribuição do fósforo em formas orgânicas mais estáveis e menos suscetíveis às perdas por retenção (SÁ, 1995).

Outro benefício indireto da matéria orgânica sobre a disponibilidade de P refere-se à formação de complexos organometálicos, envolvendo o recobrimento da superfície dos óxidos de Fe e Al por moléculas dos ácidos húmico, acético e málico, de maneira a reduzir os sítios de fixação de P (ANDRADE et al., 2003). Além disto, neste sistema de manejo conservacionista, a aplicação de P no sulco de semeadura ou a lanço, aliada à ausência de revolvimento e diminuição das taxas de erosão, resulta na saturação paulatina dos sítios de maior afinidade por este nutriente, de maneira que o fósforo remanescente é redistribuído em frações retidas com menor energia e de maior disponibilidade às plantas (RHEINHEIMER et al., 2000). Como consequência da saturação dos sítios de adsorção de P, há maior concentração do nutriente na solução do solo, na camada superficial, favorecendo a sua absorção pelas raízes, ao menos nos períodos iniciais de desenvolvimento das plantas (ANGHINONI, 1992; CASTILHOS; ANGHINONI, 1988).

Chama-se a atenção, também, para o fato de que o fluxo difusivo de fósforo no solo é praticamente interrompido em condições de umidade ainda distante do ponto de murcha permanente, ou seja, muito antes da planta ser submetida a um estresse hídrico; dessa forma, mesmo curtos períodos de estiagem, comuns na região Central do Brasil, podem induzir a paralisação da sua absorção pelas raízes (MAGALHÃES, 1996; NOVAIS; SMYTH, 1999).

Por essas razões, no SPD, o incremento no teor de matéria orgânica e a minimização da oscilação do teor de umidade no solo, resultantes da manutenção de cobertura vegetal na superfície, podem favorecer a eficiência de aproveitamento de fósforo pelas plantas cultivadas. É justamente a partir desta premissa que tem sido indicada a prática da adubação corretiva gradual para fósforo.

## Indicações para a Correção Gradual da Disponibilidade de Fósforo

Nas indicações técnicas disponíveis para o cultivo de soja na região Central do Brasil (TECNOLOGIAS..., 2011), é proposta para a região de Cerrados a aplicação anual de 60 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dependendo da classe de teor do nutriente (muito baixo ou baixo) e da classe de teor de argila no solo. Dessa forma, espera-se que, num período máximo de 6 anos, os teores de P sejam elevados a um nível considerado bom, cujo valor pode variar entre 3 mg dm<sup>-3</sup> de P, extraído por Mehlich-1, para solos com mais de 60% de argila, e 18 mg dm<sup>-3</sup> de P para solos com menos de 20% de argila. A título de exemplo, para um solo de textura muito argilosa, com

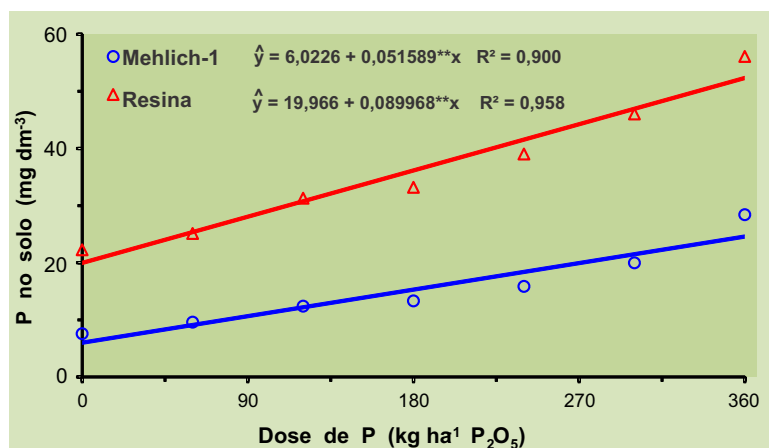
disponibilidade de fósforo muito baixa (teor de P menor ou igual a 1 mg dm<sup>-3</sup>), sugere-se efetuar aplicação anual de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, até que os teores de P sejam elevados a um nível considerado bom (maior que 3 mg dm<sup>-3</sup> de P).

Nesse contexto, ressalta-se que tem surgido a demanda por informações mais detalhadas, pelos profissionais da assistência técnica, acerca da quantidade de P necessária na adubação corretiva gradual, para a elevação da disponibilidade do nutriente a um dado teor almejado.

No intuito de obter subsídios para dirimir estas dúvidas e permitir uma indicação de adubação gradativa no SPD, desenvolveu-se um trabalho de pesquisa a campo, em Dourados, MS, sob Latossolo Vermelho distroférrico típico, textura muito argilosa. Por 3 anos consecutivos aplicaram-se doses de fósforo na semeadura da soja, utilizando-se o superfosfato triplo como fonte; após a colheita de grãos na última safra, avaliaram-se os teores do nutriente extraídos pelos métodos Mehlich-1 e Resina de Troca Aniônica, na camada de 0 a 10 cm de profundidade.

Os resultados obtidos demonstraram que houve um incremento de 0,0516 mg dm<sup>-3</sup> de P extraído pelo método Mehlich-1, a cada kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado na linha de semeadura, conforme o coeficiente angular da equação de regressão ajustada na Figura 1. Por meio de cálculo direto da relação entre estas variáveis, pode-se estimar que é necessária a aplicação de 19,4 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (equivalente a 43,1 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triplo, considerando-se um teor de 45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na linha de semeadura da soja, para a elevação de 1 mg dm<sup>-3</sup> de P extraído pelo método Mehlich-1, na camada de 0 a 10 cm de profundidade. Dessa forma, considerando-se que há a necessidade de se aplicar 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na adubação de semeadura da soja, no intuito de se garantir a manutenção da fertilidade do solo, indica-se a aplicação de 79,4 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para que haja a elevação da disponibilidade do nutriente em 1 mg dm<sup>-3</sup> de P.

De modo análogo, tem-se que, nas condições em que se utiliza o método da Resina para a determinação da disponibilidade de fósforo no solo, há uma elevação de 0,0900 mg dm<sup>-3</sup> de P, a cada kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado (Figura 1). Isto permite inferir que há a necessidade de adubação com 71,1 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na linha de semeadura da soja, para a elevação de 1 mg dm<sup>-3</sup> de P, na camada de 0 a 10 cm de profundidade (60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para o suprimento da lavoura de soja que se está adubando e 11,1 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para a melhoria da disponibilidade do nutriente no solo). Na Tabela 1 são apresentadas as indicações de adubação fosfatada corretiva gradual, visando à elevação da disponibilidade do fósforo na camada de 0 a 10 cm de profundidade, para o intervalo de 1 a 10 mg dm<sup>-3</sup>, considerando-se os dois métodos de extração deste nutriente no solo.



**Figura 1.** Teor de fósforo em Latossolo Vermelho distroférrico típico, textura muito argilosa, na profundidade de 0 a 10 cm, determinado pelos métodos Mehlich-1 e Resina, em função de doses de fósforo aplicadas na linha de semeadura da soja.

**Tabela 1.** Indicações de adubação fosfatada corretiva gradual, em Latossolo Vermelho distroférrico típico, textura muito argilosa, visando à elevação da disponibilidade do fósforo (avaliada pelo extrator Mehlich-1 ou Resina) na camada de 0 a 10 cm de profundidade.

Elevação no teor de fósforo no solo mg dm <sup>-3</sup>	Quantidade de fósforo a ser aplicada na linha de semeadura	
	Mehlich-1 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Resina
1	79,4	71,1
2	98,8	82,2
3	118,1	93,3
4	137,5	104,4
5	156,9	115,6
6	176,3	126,7
7	195,7	137,8
8	215,0	148,9
9	234,4	160,0
10	253,8	171,1

As estimativas apresentadas na Tabela 1 permitem uma indicação de adubação fosfatada corretiva gradual mais objetiva em relação àquela sugerida em Tecnologias... (2011), uma vez que há uma definição da dose do nutriente a ser aplicada na linha de semeadura em função do incremento almejado na disponibilidade deste. Neste contexto, é interessante salientar que, de acordo com Tecnologias... (2011), para um solo de textura muito argilosa, a aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada a lanço e incorporada e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de semeadura) seria suficiente para mudar a classe de teor do nutriente de “muito baixo” para “bom”; em outras palavras, a aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a título de correção total do nutriente, permitiria a elevação da sua disponibilidade em 3 mg dm<sup>-3</sup> (extrator Mehlich-1). Por outro lado, a partir

dos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se indicar a aplicação de apenas 118,1 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de semeadura, para permitir o mesmo incremento na disponibilidade de P (Tabela 1). Esta diferença na quantidade de P indicada, contudo, está relacionada à forma como a correção da fertilidade do solo é feita. A incorporação do adubo fosfatado com implemento agrícola, normalmente na camada de 0 a 20 cm de profundidade, permite o estabelecimento de um ambiente radicular mais adequado em um volume maior de solo. Já a aplicação exclusivamente no sulco de semeadura permite melhor aproveitamento do adubo, uma vez que minimiza as reações de adsorção e fixação de fósforo com os minerais de argila do solo e, justamente por esta razão, implica na indicação de menor quantidade de fósforo.

As doses de fósforo estimadas na Tabela 1 são concordantes em relação àquelas estabelecidas por Schlindwein e Gianello (2008), a partir da análise conjunta de resultados de diversos experimentos conduzidos no Rio Grande do Sul, no SPD, em vários tipos de solos. De acordo com estes autores, para solos com mais de 550 g kg<sup>-1</sup> de argila, há necessidade de aporte de 19,0 e 8,4 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na semeadura da soja, para propiciar o incremento de 1 mg dm<sup>-3</sup> de P extraído pelos métodos Mehlich-1 e Resina, respectivamente, na camada de 0 a 10 cm. Assim, considerando-se a adubação de manutenção com 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a elevação na disponibilidade de P em 3 mg dm<sup>-3</sup> de P extraído pelos métodos Mehlich-1 e Resina seria obtida com a aplicação de 117 e 85,2 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Estes autores estimam, também, que em solos com teor de argila entre 400 e 550 g kg<sup>-1</sup>, para propiciar o incremento de 1 mg dm<sup>-3</sup> de P extraído pelos métodos Mehlich-1 e Resina, é necessário o fornecimento de 11,8 e 4,2 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente; para solos com 110 a 400 g kg<sup>-1</sup> de argila, a elevação unitária no teor de P determinado por estes extratores é obtida pela aplicação de 6,0 e 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

Salienta-se, contudo, que as indicações apresentadas neste trabalho devem ser consideradas apenas como uma referência para a adubação fosfatada corretiva gradual no SPD. Os incrementos na disponibilidade de P no solo propiciados pela adubação fosfatada podem ser influenciados, entre outros fatores, pelo teor deste nutriente inicialmente disponível no solo, teor de matéria orgânica, presença de alumínio trocável e capacidade de adsorção de fósforo da fração argila (NOVAIS; SMYTH, 1999).

## Considerações Finais

No SPD é possível aumentar a disponibilidade de P por meio da adubação fosfatada corretiva gradual, sendo que, em um Latossolo de textura muito argilosa, há necessidade de aplicação de 19,4 ou 11,1 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na linha de semeadura, em adição à quantidade fornecida para a manutenção da fertilidade do solo, para a elevação de 1 mg dm<sup>-3</sup> de P extraído pelo método Mehlich-1 ou Resina, respectivamente, na camada de 0 a 10 cm de profundidade.

## Agradecimentos

Pelo apoio nas análises laboratoriais, os autores agradecem ao técnico de laboratório Mário Paes Kozima.

Pelo apoio na condução do experimento a campo, os autores agradecem ao técnico agrícola Laercio Carlos Gonçalves.

## Referências

- ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ VENEGAS, V. H.; NOVAIS, R. F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 1003-1011, nov./dez. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n6/19194.pdf>>. Acesso em: 25 jul 2014.
- ANGHINONI, I. Uso de fósforo pelo milho afetado pela fração de solo fertilizada com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 349-353, set./dez. 1992.
- CASTILHOS, D. D.; ANGHINONI, I. Influência do suprimento de fósforo a diferentes frações do sistema radicular sobre o comportamento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 3, p. 263-267, set./dez. 1988.
- MAGALHÃES, J. V. de. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays* L.) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva**. 1996. 76 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- MULLINS, G. L. Soil management under no-tillage: soil chemical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p. 121-125.
- NOVAIS, R. F. de; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.
- RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; KAMINSKI, J. Depleção do fósforo inorgânico de diferentes frações provocada pela extração sucessiva com resina em diferentes solos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 345-354, abr./jun. 2000.
- SÁ, J. C. de M. Manejo de fósforo no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p. 83-93.
- SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Calibração de métodos de determinação de fósforo em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 2037-2049, set./out. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/25.pdf>>. Acesso em: 24 jul 2014.
- TECNOLOGIAS de produção de soja – região Central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261 p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 15). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/SP15-VE.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2014.
- WIETHÖLTER, S.; BEN, J. R.; KOCHHANN, R. A.; PÖTTKER, D. Fósforo e potássio no solo no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N. J. (Ed.). **Plantio direto: conceitos, fundamentos e práticas culturais**. Lages: SBCS, Núcleo Regional Sul, 1997. p. 121-147.

### Circular Técnica, 26

Embrapa Agropecuária Oeste  
BR 163, km 253,6 - Caixa Postal 449  
79804-970 Dourados, MS  
Fone: (67) 3416-9700  
Fax: (67) 3416-9721  
[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

1ª edição  
(2014): online

### Comitê de Publicações

Presidente: *Harley Nonato de Oliveira*  
Secretária-Executiva: *Silvia Mara Belloni*  
Membros: *Auro Akio Otsubo, Clarice Zanoni Fontes, Danilton Luiz Flumignan, Fernando Mendes Lamas, Germani Concenço, Ivo de Sá Motta, Marciana Retore e Michely Tomazi*

Membros suplentes: *Augusto César Pereira Goulart e Crêbio José Ávila*

### Expediente

Supervisão editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*  
Revisão de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*  
Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*  
Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*